

Neutrosophic Computing and Machine Learning , Vol. 3, 2018



University of New Mexico



Soporte de decisión multicriterio para el mantenimiento de equipos médicos en un entorno neutrosófico lingüístico heterogéneo

Christian Torres Sarango[1], Daniel Loza Hernández[2], David Barrios Puerto[3], Maikel Leyva Vázquez[4]

[1] Universidad politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Guayaquil Ecuador

[2] Universidad politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Guayaquil Ecuador

[3]Universidad politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Guayaquil Ecuador

[4]Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Guayaquil Ecuador , mleyvaz@gmail.com

---

Abstract. Clinical engineering departments in hospitals are responsible for establishing and regulating a Medical Equipment Management Program that require multiples viewpoints to ensure that medical devices are safe and reliable. In order to mitigate functional failures, significant and critical devices should be identified and prioritized. In this paper, we present a multi-criteria decision-making model to prioritize medical devices according to their criticality in different expression domains usings 2-tuple linguistic neutrosophic numbers.In this paper a prioritize medical devices model is develop based on the linguistic decision analysis scheme. The proposal can manage different types of information (numerical and linguistic) and the final results are expressed into a linguistic domain, following the computing with words paradigm. Finally, an illustrative example is presented in order to show applicability of the proposed model.

Keywords: medical devices; 2-tuple linguistic neutrosophic numbers; maintenance decisions; multiple attribute decision making.
.

1 Introducción.

Los departamentos de ingeniería clínica o electromedicina en hospitales son responsables de establecer y regular un programa de administración de equipos para garantizar que los dispositivos médicos sean seguros y confiables. Para mitigar fallas funcionales, los dispositivos importantes y críticos deben ser identificados y priorizados; sin embargo, no existen modelos confiables que permitan integrar los criterios involucrados en el proceso de priorización de la reparación de equipos médicos, ni el tratamiento de la vaguedad y la indeterminación existentes [1] en la evaluación de algunos criterios..

Cada vez más complejos y complejos, los dispositivos médicos requieren que los hospitales establezcan y regulen un Programa de administración de equipos médicos [2], que funcionen al nivel de rendimiento requerido. Como aspectos fundamentales de este programa es la inspección, el mantenimiento preventivo y las pruebas de los equipos deben revisarse continuamente para mantenerse al día con las mejoras tecnológicas actuales y las mayores expectativas de las organizaciones de salud, fundamentalmente relacionadas con la confiabilidad de la tecnología médica [3]..

Actualmente las organizaciones no pueden satisfacerse simplemente siguiendo las recomendaciones de los fabricantes; Los departamentos de ingeniería clínica del Electromedicine Hospital de todo el mundo, incluidos Canadá, Australia y los Estados Unidos, han comenzado a emplear estrategias de mantenimiento más eficientes.

En el presente trabajo se propone un prototipo de sistema de apoyo a la decisión multicriterio para priorizar los dispositivos médicos de acuerdo con su criticidad utilizando neutrosofía. A los dispositivos con puntuaciones de criticidad más bajas se les puede asignar una prioridad más baja en el mantenimiento. Sin embargo, aquellos con puntuaciones más altas deben investigarse en detalle para encontrar las razones de su mayor criticidad y realizar acciones apropiadas, como el mantenimiento preventivo, la capacitación del usuario y el rediseño del dispositivo, entre otros. Además, este documento aborda cómo los valores de puntuación obtenidos para cada criterio se pueden usar para establecer pautas para el mantenimiento adecuado de diferentes tipos de dispositivos. Los criterios involucrados en este proceso pueden ser de diferente naturaleza, por lo que deben evaluarse en diferentes dominios de expresión. Además, debido al hecho de que el proceso de resultados debe ser fácilmente comprensible, estos deben proporcionarse en un dominio lingüístico. La información de un grupo de dispositivos médicos se obtiene del sistema de gestión de mantenimiento de un hospital para ilustrar la aplicabilidad del modelo propuesto en el presente trabajo.

2. Preliminares

2.1 Toma de decisiones

La toma de decisiones ha sido abordada históricamente por múltiples disciplinas, desde las clásicas como la filosofía, las estadísticas, las matemáticas y la economía, hasta las más recientes, como la Inteligencia Artificial [4, 5]. Las teorías y modelos desarrollados apuntan al apoyo racional para tomar decisiones complejas [4]. Incluyen actividades típicas como [6, 7]:

- Definir el problema de la toma de decisiones.
- Analice el problema e identifique las alternativas de solución $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ $(n \geq 2)$ (n≥2).
- Establecer criterios de evaluación.
- Seleccione experto (s).
- Evaluar alternativas.
- Ordena y selecciona la mejor alternativa.
- Implementar y dar seguimiento.

Cuando el número de criterios satisface que $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ $(m \geq 2)$ (m≥2) se considera un problema de toma de decisiones multicriterio [8]. Cuando el número de expertos es tal que $K = \{k_1, k_1, \dots, k_n\}$ $(n \geq 2)$ (n≥2) se considera
un problema de toma de decisiones en grupo [9, 10].



Figura 1. Proceso para la solución. [7].

De acuerdo con el entorno de decisión, los problemas de toma de decisión se pueden clasificar en tres situaciones o entornos de decisión [5, 8]:

Entorno de certeza: los elementos y / o factores que intervienen en el problema se conocen con exactitud. Se puede asignar un valor exacto de utilidad a las alternativas involucradas.

Entorno de riesgo: Algunos de los elementos o factores involucrados están sujetos a la posibilidad. Por lo general, se resuelven asignando probabilidades a las alternativas de acuerdo con la teoría de las probabilidades.

Entorno de incertidumbre: la información disponible es vaga o imprecisa, generalmente asociada con apreciaciones sensoriales o subjetivas de los expertos.

2.1 2- Modelo lingüístico de 2 tuplas y heterogeneidad

Los criterios para la priorización de equipos pueden tener diferentes características (cuantitativas y cualitativas). Por lo tanto, es apropiado expresar cada criterio en el dominio adecuado (numérico o lingüístico),

generando un contexto heterogéneo. En este contexto, la extensión del modelo lingüístico de 2 tuplas propuesto en [11] es una buena opción porque proporciona resultados.

El modelo de representación lingüística basado en 2-tuplas se propuso y define un conjunto de funciones de transformación para 2-tupla lingüística para llevar a cabo el proceso de CWW sin pérdida de información. Siendo β∈ [0, g] un valor que representa el resultado de una operación simbólica, se puede asignar una tupla lingüística 2 (s_i, assign) para expresar la información equivalente a la dada por β.

Definición 1. [12] Sea $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ un conjunto de términos lingüísticos. El conjunto de 2 tuplas asociado con S se define como 〈S〉 = S × [-0.5,0.5). Definimos la función Δ: [0, g] → S × [-0.5,0.5) dada por.

$$\Delta(\beta) = (s_i, \propto), with \begin{cases} s_i, i = round(\beta) \\ \propto = \beta - i, \end{cases}$$

donde la ronda asigna a β el número entero i∈ {0,1 .., g} más cercano a β.

Notamos que la función Δ es biyectiva [12] y $\Delta^{-1}: [0, g] \to S \times [-0.5, 0.5)$ se define por $\Delta^{-1}(s_i, \propto) = i + \propto$

Los valores numéricos se pueden transformar al dominio lingüístico (S_T) en un proceso de dos pasos. Primero transformando valores numéricos en [0, 1] a $f(S_T)$ usando la función de transformación lingüística numérica

Definición 2. [11] Sea v∈ [0,1] un valor numérico y $S_t = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$un conjunto de términos lingüísticos. La función de transformación lingüística numérica $NS_t: [0,1] \to F(S_t)$ se define por

$$\tau NS_t(v) = \{(s_0, \gamma_0), (s_1, \gamma_1), \dots, (s_g, \gamma_g)\}$$

con

$$\gamma_i = \mu_{s_i} = \begin{cases} 0, if v < a \; or \; v > d, \\ \frac{v-a}{b-a}, if a < v < b, \\ 1, if b \le v \le c, \\ \frac{d-v}{d-c}, if c < v < d \end{cases} \quad (1)$$

Donde $\gamma_i \in [0,1]$ y $F(S_t)$ es el conjunto de conjuntos difusos en S_t, y μ_{s_i}es la función de pertenencia de la etiqueta lingüística $s_i \in S_t$.

La información previa unificada en conjuntos difusos en $S_t$se transforma posteriormente para facilitar la interpretación de los resultados. Esta transformación se realiza mediante la función χ: F (S) ⟶ [0, g]:

Definición 3.[3] Dado el conjunto de términos lingüísticos $S_t = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$la función $\chi: F(S) \to [0, g]$ se define por

$$\chi: (F(S_t)) = \chi(\{(s_j, \gamma_j), j = 0, \dots g\}) = \frac{\sum_{j=0}^{g} j\gamma_j}{\sum_{j=0}^{g} \gamma_j} = \beta \quad (2)$$

donde el conjunto difuso $F(S_t)$podría obtenerse de τNS_t.

Aplicando la función Δ a β (Definición 1) podemos asignar una tupla de 2 que expresa la información equivalente a la dada por β.

2.1 2- Número neutrosófico lingüístico de 2 tuplas

En [14] se propone el concepto de conjuntos de números neutrosóficos lingüísticos de 2 tuplas (2TLNNSs) para resolver este problema basándose en los SVNS y los conjuntos lingüísticos de 2 tuplas (2TLSs).

A 2TLNNS se define como sigue [14]: Supongamos que $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ es un 2TLSs con cardinalidad impar t + 1. se define para $(s_T, a), (s_I, b), (s_F, c) \in L$ y a, b, c ∈ [0, t], donde $(s_T, a), (s_I, b), (s_F, c) \in L$ expresan independientemente el grado de verdad, indeterminación grado, y el grado de falsedad por 2TLSs, entonces 2TLNNSs se define de la siguiente manera:

$$l_j = \left\{ (s_{T_j}, a), (s_{I_j}, b), (s_{F_j}, c) \right\} \quad (2)$$

Donde $0 \le \Delta^{-1}(s_{T_j}, a) \le t$, $0 \le \Delta^{-1}(s_{I_j}, b) \le t$, $0 \le \Delta^{-1}(s_{F_j}, c) \le t$ y $0 \le \Delta^{-1}\left(s_{T_j}, a\right) + \Delta^{-1}\left(s_{I_j}, b\right) + \Delta^{-1}(s_{F_j}, c) \le 3t$

La función de puntuación y precisión permite clasificar 2TLNN [4].

sea un $l_1 = \left\{ (s_{T_1}, a), (s_{I_1}, b), (s_{F_1}, c) \right\}$ a

2TLNN en L la función de puntuación y precisión en l_1 se define de la siguiente manera:

$$S(l_1)=\Delta\left\{\frac{2t+\Delta^{-1}\left(s_{T_1},a\right)-\Delta\left(s_{I_1},b\right)-\Delta\left(s_{F_1},c\right)^{-1}}{3}\right\}, \Delta^{-1}(S(l_1)) \in [0,t] \quad (3)$$

$$H(l_1)=\Delta\left\{\frac{t+\Delta^{-1}\left(s_{T_1},a\right)-\Delta\left(s_{F_1},c\right)^{-1}}{2}\right\}, \Delta^{-1}(H(l_1)) \in [0,t] \quad (4)$$

2.2 Marco Propuesto

Nuestro objetivo es desarrollar un modelo para la priorización del trabajo de mantenimiento en equipos médicos en un entorno neutrosófico basado en el esquema de análisis de decisión lingüística que puede abordar criterios de diferente naturaleza y proporcionar resultados lingüísticos en un entorno neutrosófico. El modelo consta de las siguientes fases (gráficamente, Figura 2):

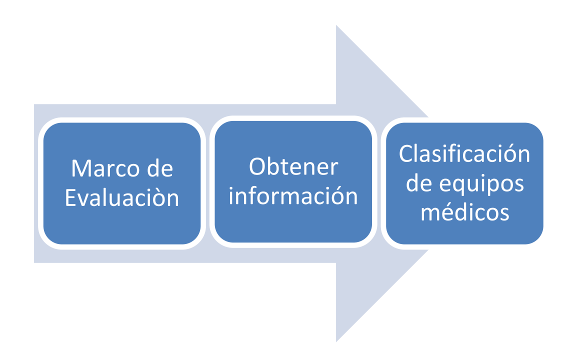


Figura 2. Esquema del modelo.

1. Marco de evaluación:

En esta fase, el marco de evaluación se define para corregir la estructura del problema de priorización de equipos médicos. El marco se establece de la siguiente manera:

- Sea E= $\{e_1, e_2, \ldots, e_n\}$ ($n \geq 2$) un conjunto de expertos.
- Sea C=$\{c_1, c_2, \ldots, c_k\}$ ($k \geq 2$) un conjunto de criterios..
- Sea R=$\{r_1, r_2, \ldots, r_m\}$ ($m \geq 2$) un conjunto de equipos médicos.

Los criterios seleccionados se resumen en la siguiente tabla [15]:

Criterios	Descripción
Función	La función de un dispositivo es el propósito principal para el que se va a utilizar. Por ejemplo, un dispositivo de soporte vital, como un desfibrilador, se considera un dispositivo de clase IV con alto riesgo de falla (muerte de un paciente) si el dispositivo falla..
Misiòn Crítica	La criticidad de la misión o el impacto operacional describe la medida en que un dispositivo es crucial para el proceso de prestación de atención de un hospital
Edad	La puntuación de edad se basa en la edad real de un dispositivo y su vida útil predecible.
Riesgo	El valor del riesgo se puede estimar en función de la frecuencia, la consecuencia y la detectabilidad para cada modo de falla..
Recordatorios y alertas de peligro	El número y la clase de retiros y el número de alertas de peligro que pueden ocurrir para un dispositivo son criterios importantes en la priorización de dispositivos médicos.

Requisitos de mantenimiento	Los equipos que son predominantemente mecánicos, neumáticos o fluidos a menudo requieren el mantenimiento más extenso. Se considera que un dispositivo tiene un requisito de mantenimiento promedio si solo requiere verificación de rendimiento y pruebas de seguridad. Los equipos que reciben solo inspección visual, una verificación de rendimiento básico y pruebas de seguridad se clasifican como que tienen requisitos mínimos de mantenimiento.

Tabla 1. Criterios de seleccion.
.

Aquí, consideramos un marco de información heterogéneo [16]. Cada experto puede usar un dominio diferente (numérico o lingüístico) para evaluar cada criterio, atendiendo a su naturaleza en un entorno neutrosófico

2. Obtener infromacion:

Una vez que se ha definido el marco, se debe obtener el conocimiento del conjunto de expertos. Cada experto proporciona sus preferencias mediante el uso de vectores de utilidad. El vector de utilidad [17] se representa de la siguiente manera:

$$P_j^i = \{p_{j1}^i, p_{j2}^i, \ldots, p_{jh}^i\}. , \quad (5)$$

donde p_{jk}^i *es la preferencia otorgada al criterio* c_k of the requirement r_j por el experto e_i.

3. Clasificación de equipos médicos s.

El objetivo de esta fase es obtener una evaluación global lingüística colectiva fácilmente interpretable para los ingenieros de software. Para ello la información es unificada y agregada. Finalmente se identifican los más priorizados. Esta fase se basa en el enfoque revisado en la Sección 3 para tratar con información heterogénea y dar resultados lingüísticos.

Unificación de la información.

La información se unifica en un dominio lingüístico específico (S_T) . La información numérica se transforma al dominio lingüístico (S_T) siguiendo estos pasos:

a) Seleccionar un dominio lingüístico específico, denominado Conjunto de términos lingüísticos básicos (S_T).
b) Transformación de valores numéricos en [0, 1] al $f(S_T)$.
c) Transformación de conjuntos difusos sobre el S_T en 2-tupla lingüística.

Agregación de la información

Se desarrolla un proceso de agregación de dos pasos con el objetivo de calcular una evaluación global de cada requisito de software.

Proponemos que este operador establezca diferentes ponderaciones para cada experto, teniendo en cuenta su conocimiento y su importancia en el proceso de priorización de software.

Valoración del equipo.

El paso final en el proceso de priorización es establecer una clasificación entre los equipos médicos, esta clasificación permite seleccionar el equipo médico con más valor y posponer o rechazar el mantenimiento de otros para hacer más efectivo el proceso. El dispositivo más crítico es el que tiene la evaluación colectiva máxima $\mathrm{Max}\{(r_j, \alpha_j), = 1,2, \ldots, n\}$. Los requisitos se priorizan según este valor en orden decreciente.

4. Ejemplo demostratico

En esta sección, presentamos un ejemplo ilustrativo para mostrar la aplicabilidad del modelo propuesto.

a. Marco de evaluación

En este estudio de caso, el marco de evaluación está compuesto por: 3 expertos E= $\{e_1, e_2, e_3\}$, quienes evaluan 3 equipos mèdicos R= $\{r_1, r_2, r_3\}$, donde se han involucrado 3 criterios C=$\{c_1, c_2, c_3\}$ cuales son mostrados a continuaciòn:

- c_1: Funcion
- c_2: Mision critica
- c_4: Riesgo

Cada experto podría dar la información de forma numérica o lingüística atendiendo a la naturaleza de los criterios. Se elige un dominio lingüístico común (S_t) para verbalizar los resultados (Figura 3).

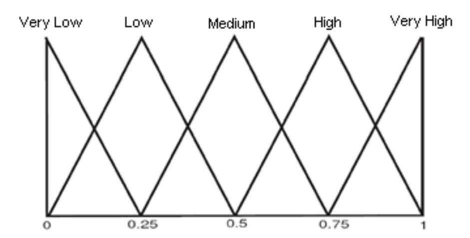


Figura 3. Dominio de Selecciòn S_t.

Para los valores numéricos, se utilizará la escala lingüística siguiente con números neutrosóficos de valor único [10]:

Términos lingüísticos	**SVNSs**
Extremely good (EG)	(1,0,0)
Very very good (VVG)	(0.9, 0.1, 0.1)
Very good (VG)	(0.8,0,15,0.20)
Good (G)	(0.70,0.25,0.30)
Medium good (MG)	(0.60,0.35,0.40)
Medium (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medium bad (MB)	(0.40,0.65,0.60)
Bad (B)	(0.30,0.75,0.70)
Very bad (VB)	(0.20,0.85,0.80)
Very very bad (VVB)	(0.10,0.90,0.90)
Extremely bad (EB)	(0,1,1)

Tabla 2. Términos lingüísticos utilizados para proporcionar las evaluaciones [18]..

A. Obtener información

Una vez que la información sobre los equipos médicos ha sido reunida, se efectúa un marco de evaluación (ver en la Tabla I). Los criterios de evaluación se realizan en la escala S_t .

	e_1			e_1			e_1		
	r_1	r_2	r_3	r_1	r_2	r_3	r_1	r_2	r_3
c_1	(H, L, M)	H, M, L)	(H, L, M)	(H, L, M)	H, M, L)	H, M, L)	(M, M, L)	(H, L, M)	(H, M, L)
c_2	(H, M, L)	(H, M, L)	(L, M, H)	(M, M, L	(H, L, M)	(H, M, L)	(H, M, L)	(H, M, L)	(H, M, L)
c_3	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.70, 0.25, 0.30)	(0.40, 0.65, 0.60)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.70, 0.25, 0.30)	(0.70, 0.25, 0.30)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.40,0.65,0.60)

Tabla 3. Un ejemplo ilustrativo de la recopilación de información.

B.

La información se transforma para unificar la información heterogénea. Los juegos difusos posteriores sobre S_t se transforman en 2-tuplas lingüísticas.

En este ejemplo, se aplica un proceso de agregación de dos pasos para calcular una evaluación colectiva del equipo médico. En nuestro problema utilizamos el promedio de ponderación de los números neutrosóficos lingüísticos de 2 tuplas. 2-TLNNWA se usa para agregar evaluaciones por requerimiento para cada experto [19] . En este caso los vectores de ponderación W=(0.4,0.3,0.3).

	e_1			e_1			e_1		
	r_1	r_2	r_3	r_1	r_2	r_3	r_1	r_2	r_3
c_1	<(s_3,0), (s_1,0), (s_2,0)>	<(s_3,0), (s_2,0), (s_1,0)>	<(s_3,0), (s_1,0), (s2,0)>	<(s_3,0), (s_1,0), (s2,0)>	<(s_3,0), (s_2,0), (s_1,0)>	<(s_3,0), (s_2,0), (s_1,0)>	<(s_2,0), (s_2,0), (s_1,0)>	<(s_3,0), (s_1,0), (s_2,0)>	<(s_3,0), (s_2,0), (s_1,0)>
c_2	<(s_3,0), (s_2,0), (s_3,0)>	<(s_3,0), (s_2,0), (s_1,0)>	<(s_1,0), (s_2,0) (s_3,0)>	<(s_2,0), (s_2,0), (s_1,0)>	<(s_3,0), (s_1,0), (s_2,0)>	<(s_3,0), (s_2,0), (s_1,0)>	<(s_3,0), (s_2,0), (s_1,0)>	<(s_3,0), (s_2,0), (s_1,0)>	<(s_3,0), (s_2,0), (s_1,0)>
c_3	<(s_4,-0.4), (s_0,0.4), (s_0,0.4)>	<(s_3,-0.2), (s_1,0), (s_1,0.2)>,	<(s_2,0.4), (s_3,-0.4), (s_2,0.4)>	<(s_4,-0.4), (s_0,0.4), (s_0,0.4)>	<(s_4,-0.4), (s_0,0.4), (s_0,0.4)>	<(s_3,-0.2), (s_1,0), (s_1,0.2)>	<(s_3,-0.2), (s_1,0), (s_1,0.2)>	<(s_4,-0.4), (s_0,0.4), (s_0,0.4)>	<(s_2,0.4), (s_3,-0.4), (s_2,0.4)>
2-TLNNWA	<(s_3,0.13), (s_1,-0.06), (s_1,0.39)>	<(s_3,-0.06), (s_2,0.38), (s_1,0.05)>	<(s_2,0.4), (s_2,0.36), (s_2,0.39)>	<(s_3,0.06), (s_1 -,0.24) (s_1,0.002)>	<(s_3,0.24) (s_1,0.02) s_1, -0.06)>	<(s_3,-0.06), (s_2,-0.38) (s_1, 0.06)>	<(s_3,0.19), (s_1,0.23) (s_1, 0.004)>	<(s_3,0.24), (s_1,0.06) (s_1, 0.002)>	<(s_3,-0.26), (s_2,0.16) (s_1, 0.3)>

Table 4. An illustrative example of unified and aggregated information

Para calcular la evaluación colectiva y colectiva, el operador 2-TLNNWA se utiliza con el vector de ponderación V=[0.5,0.2,0.3] (consulte la tabla III).

e_1	<(s_3,0.14), (s_1,-0.03),

	$(s_1,0.18)>$
e_2	$<(s_3,-0.2), (s_2,-0.43), (s_1,0.04)>$
e_3	$<(s_2,0.48), (s_2,-0.13), (s_2,0.42)>$

Table 5. Evaluación colectiva para cada equipo.

Finalmente, ordenamos todas las evaluaciones colectivas y establecemos una clasificación entre los equipos con el propósito de identificar las mejores funciones de puntuación calculadas.

e_1	$(s_3,-0.003)$,
e_2	$(s_3,-0.27)$
e_3	$(s_2,0.06)$

Table 6. Resultados de la función de puntuación

En el estudio de caso, la clasificación es como en como sigue: $e_1 \succ e_2 \succ e_3$.

Se desarrolló un cuaderno Jupyter [20] para el usuario. Jupyter proporciona un formato de archivo editable para describir y capturar código, salida de código y notas de reducción. Además, ofrece una interfaz de usuario basada en web para escribir y ejecutar código de forma interactiva, así como para visualizar resultados.

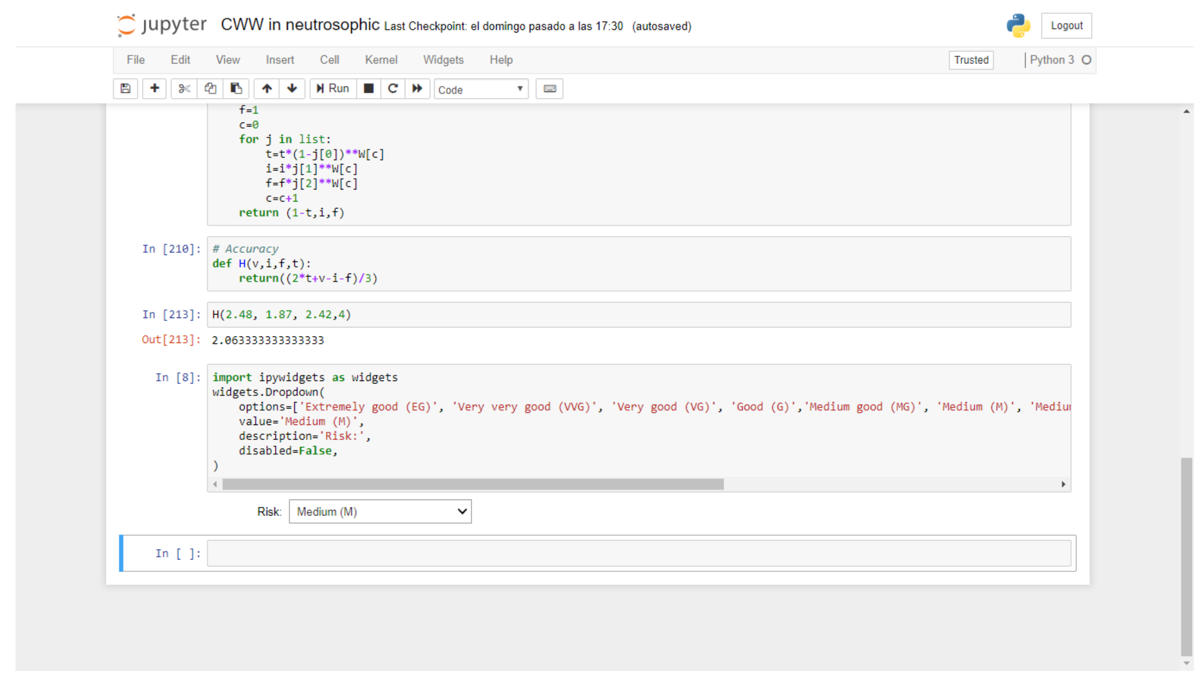


Figura 4. Cuaderno de Jupyter

Después de la aplicación en este estudio de caso, se encuentra que el modelo es práctico de usar. El proceso de agregación proporciona una gran flexibilidad para que el modelo se pueda adaptar a diferentes situaciones. La interpretabilidad de la salida lingüística es otra de las fortalezas detectadas.

Conclusiones

Los departamentos de ingeniería clínica en los hospitales son responsables de establecer y regular un Programa de administración de equipos médicos que requiera múltiples puntos de vista con múltiples criterios en conflicto para garantizar que los dispositivos médicos sean seguros y confiables. Para mitigar las fallas funcionales, los dispositivos importantes y críticos deben identificarse y priorizarse de manera sistemática.

En este documento, hemos propuesto un modelo de priorización basado en el esquema de análisis de decisiones que puede gestionar diferentes tipos de información (numérica y lingüística) y proporcionar resultados lingüísticos para facilitar su comprensión. Hemos aplicado el modelo propuesto a un ejemplo ilustrativo. Se encontró que el modelo era flexible y práctico de usar.

La extensión del modelo para tratar la información en otros dominios, como los valores de intervalo, es otra área de investigación. El desarrollo de una herramienta de software para automatizar el modelo es otra área de trabajo futuro.

Referencias

1. Mondal, K., S. Pramanik, and B.C. Giri, Single valued neutrosophic hyperbolic sine similarity measure based MADM strategy. 2018: Infinite Study.
2. Instrumentation, A.f.t.A.o.M., Recommended practice for a medical equipment management program. Retrieved February, 1999. 19: p. 2009.
3. Roig, J.I., et al., Maintenance Policies Optimization of Medical Equipment in a Health Care Organization, in Encyclopedia of Information Science and Technology, Fourth Edition. 2018, IGI Global. p. 3698-3710.
4. Mata, F., Modelos para Sistemas de Apoyo al Consenso en Problemas de Toma de Decisión en Grupo definidos en Contextos Lingüısticos Multigranulares. 2006, Doctoral Thesis.
5. Barberis, G.F. and M.C.E. Ródenas, La Ayuda a la Decisión Multicriterio: orígenes, evolución y situación actual, in VI Congreso Internacional de Historia de la Estadística y de la Probabilidad. . 2011: Valencia.
6. Herrera, F., et al., Computing with words in decision making: foundations, trends and prospects. 2009, Springer. p. 337-364.
7. Leyva-Vázquez, M., Modelo de Ayuda a la Toma de Decisiones Basado en Mapas Cognitivos Difusos. 2013, UCI: La Habana.
8. Ye, J., A multicriteria decision-making method using aggregation operators for simplified neutrosophic sets. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2014. 26(5): p. 2459-2466.
9. Alava, R.P. and J.M. Mu, PEST Analysis Based on A Case Study for. Neutrosophic Sets and Systems, 2018: p. 84.
10. Biswas, P., S. Pramanik, and B.C. Giri, TOPSIS method for multi-attribute group decision-making under single-valued neutrosophic environment. Neural computing and Applications, 2016. 27(3): p. 727-737.
11. Herrera, F., L. Martínez, and P.J. Sánchez, Managing non-homogeneous information in group decision making. European Journal of Operational Research, 2005. 166(1): p. 115-132.
12. Herrera, F. and L. Martínez, A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. Fuzzy Systems, IEEE Transactions on, 2000. 8(6): p. 746-752.
13. Herrera, F. and L. Martinez, An approach for combining linguistic and numerical information based on the 2-tuple fuzzy linguistic representation model in decision-making. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 2000. 08(05): p. 539-562.
14. Wang, J., G. Wei, and W. Yu, Models for Green Supplier Selection with Some 2-Tuple Linguistic Neutrosophic Number Bonferroni Mean Operators. Symmetry, 2018. 10(5): p. 131.
15. Taghipour, S., D. Banjevic, and A.K. Jardine, Prioritization of medical equipment for maintenance decisions. Journal of the Operational Research Society, 2011. 62(9): p. 1666-1687.
16. Herrera, F., L. Martınez, and P. Sánchez, Managing non-homogeneous information in group decision making. European Journal of Operational Research, 2005. 166(1): p. 115-132.
17. Espinilla, M., et al., A 360-degree performance appraisal model dealing with heterogeneous information and dependent criteria. Information Sciences, 2012.
18. Şahin, R. and M. Yiğider, A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection. arXiv preprint arXiv:1412.5077, 2014.
19. Wu, S., et al., Research on Construction Engineering Project Risk Assessment with Some 2-Tuple Linguistic Neutrosophic Hamy Mean Operators. Sustainability, 2018. 10(5): p. 1536.

20. Kluyver, T., et al. Jupyter Notebooks-a publishing format for reproducible computational workflows. in ELPUB. 2016.